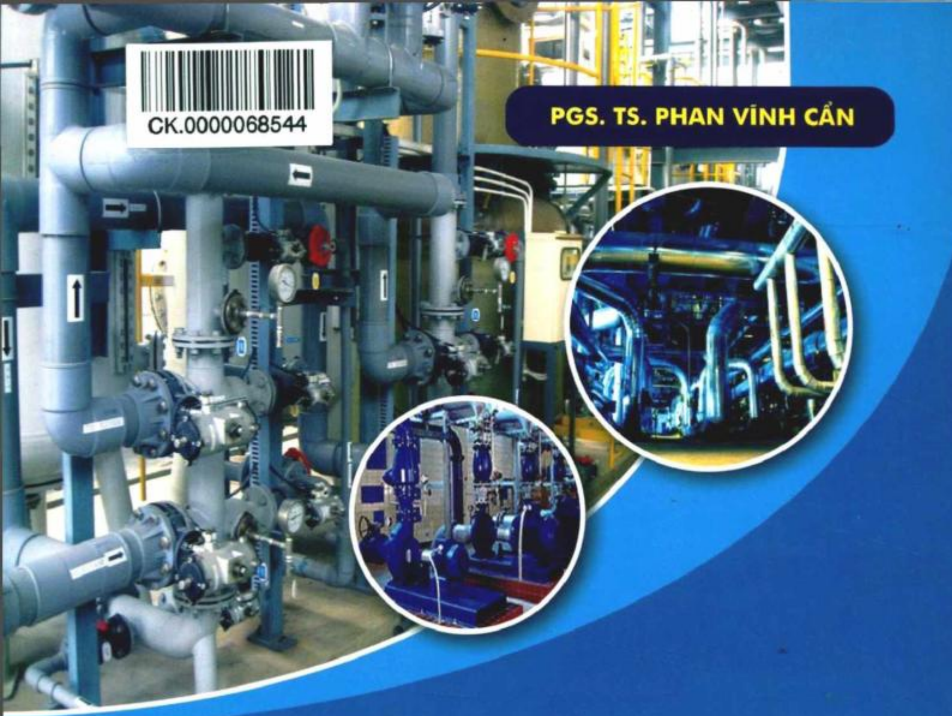


PGS. TS. PHAN VĨNH CẨN

TỐI ƯU HÓA HỆ THỐNG CẤP THOÁT NƯỚC VÀ MÔI TRƯỜNG

NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG

PGS. TS. PHAN VĨNH CẨN

TỐI ƯU HÓA HỆ THỐNG CẤP THOÁT NƯỚC VÀ MÔI TRƯỜNG

NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG
HÀ NỘI - 2013

LỜI NÓI ĐẦU

Từ năm học 1995 - 1996 khoá Cao học Cấp thoát nước và môi trường của Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội đã tiến hành giảng dạy theo chương trình khung đào tạo Thạc sỹ (Mã số 60.58.70), trong đó có môn học "Tối ưu hoá hệ thống Cấp thoát nước và Môi trường" (Mã số NMT 524).

Đây là môn học không được giảng dạy trong chương trình Đại học, vì vậy các kỹ sư, sau khi ra trường đi vào hoạt động khảo sát, thiết kế, giám sát, thi công xây lắp, nghiên cứu khoa học hoặc giảng dạy thấy rõ những mảng kiến thức cần được bổ sung này.

*Một công trình cấp thoát nước và môi trường cần được xây dựng sao cho hợp lý nhất, ứng với chi phí xây dựng thấp nhất và phải được quản lý khai thác tối ưu. Cuốn sách "**Tối ưu hoá hệ thống Cấp thoát nước và Môi trường**" đã tổng hợp, vận dụng các kiến thức, thành tựu của các ngành khoa học, các môn học khác nhau như toán, lý, sinh, hoá, vận trù học, vật liệu học, công nghệ thông tin v.v... để tìm công nghệ tính toán xây dựng và quản lý để hệ thống cấp thoát nước và môi trường đảm bảo hoạt động bền vững và hiệu quả.*

Tác giả xin chân thành cám ơn các chuyên gia, các nhà khoa học, các thày cô giáo và các học viên đã ủng hộ và đóng góp nhiều ý kiến quý báu để cuốn sách được ra đời phục vụ cho nhu cầu đào tạo, nghiên cứu và thực tế sản xuất kinh doanh.

Tác giả

CHƯƠNG I
TỐI ƯU HÓA

1.1. BÀI TOÁN TỐI ƯU TỔNG QUÁT

Bài toán tối ưu tổng quát được phát biểu như sau: Cực đại hóa (cực tiểu hóa)

- Hàm $f_{(x)} \rightarrow \max (\min)$ (1.1)

Với các điều kiện:

$$g_{i(x)} (\leq, =, \leq)\ b_i, i = 1,..., m \quad (1.2)$$

$$x \in X \in R^n \quad (1.3)$$

Bài toán (1.1) đến (1.3) được gọi là một quy hoạch, hàm $f_{(x)}$ được gọi là hàm mục tiêu, các hàm $g_{i(x)}$, $i = 1,..., m$ được gọi là các hàm ràng buộc. Mỗi đẳng thức hoặc bất đẳng thức trong hệ (1.2) được gọi là một ràng buộc

- Tập hợp: $D = \{x \in X \mid g_{i(x)} (\leq, =, \leq)\ b_i, i = 1,..., m\}$ (1.4)

được gọi là miền ràng buộc. Mỗi điểm $x = (x_1, x_2, ... x_n) \in D$ được gọi là một phương án.

Một phương án $x^* \in D$ đạt cực đại (hay cực tiểu) của hàm mục tiêu, cụ thể:

$$f_{(x^*)} \geq f_{(x)}, \in D \text{ đối với bài toán cực đại} \quad (1.5)$$

$$f_{(x^*)} \leq f_{(x)}, \in D \text{ đối với bài toán cực tiểu} \quad (1.6)$$

được gọi là phương án tối ưu. Khi đó giá trị $f_{(x^*)}$ được gọi là giá trị tối ưu của bài toán.

1.2. PHÂN LOẠI BÀI TOÁN

Một trong những phương án hiển nhiên nhất để giải bài toán đặt ra là phương án duyệt toàn bộ: Tìm giá trị của hàm $f_{(x)}$ trên tất cả các phương án, sau đó so sánh các giá trị tính được để tìm ra giá trị tối ưu và phương án tối ưu của bài toán.

Tuy nhiên cách giải này khó thực hiện được, ngay cả khi kích thước bài toán không lớn (số biến n và số ràng buộc m là không lớn). Bởi vì, tập D thông thường gồm một số rất lớn phần tử, trong nhiều trường hợp còn là không đếm được

Vì vậy, cần phải có nghiên cứu và phân loại trước về mặt lý thuyết để có thể tách ra từ bài toán tổng quát thành những bài toán dễ giải.

Các nghiên cứu đó thường là:

+ Nghiên cứu các tính chất của các thành phần bài toán (hàm mục tiêu, hàm ràng buộc, các biến số, các hệ số v.v...);

+ Nghiên cứu các điều kiện tồn tại cho lời giải;

+ Nghiên cứu các điều kiện cần và đủ của cực trị,vv...

Một bài toán tối ưu được gọi là:

* Quy hoạch tuyến tính (QHTT) nếu hàm mục tiêu $f_{(x)}$ và tất cả các hàm ràng buộc $g_{i(x)}$, i= 1,..., m là tuyến tính. Một trường hợp quan trọng của QHTT là bài toán vận tải.

* Quy hoạch tham số nếu các hệ số trong biểu thức của hàm mục tiêu và các ràng buộc phụ thuộc vào tham số.

* Quy hoạch động nếu đối tượng xét là các quá trình phát triển theo thời gian.

* Quy hoạch phi tuyến tính nếu $f_{(x)}$ hoặc $g_{i(x)}$ là phi tuyến hoặc cả hai trường hợp đó cùng xảy ra.

* Quy hoạch rời rạc nếu miền ràng buộc D là tập rời rạc.

* Quy hoạch đa mục tiêu nếu trên cùng một miền ràng buộc ta xét đồng thời các hàm khác.

1.3. VẤN ĐỀ MÔ HÌNH HÓA

Việc mô hình hóa có 4 bước:

Bước 1: Xây dựng mô hình định tính cho vấn đề thực tế, tức là xác định các yếu tố có ý nghĩa quan trọng nhất và xác định các quy luật mà chúng phải tuân theo bằng lời, bằng biểu đồ, các điều kiện kinh tế kỹ thuật, tự nhiên... các mục tiêu cần đạt được.

Bước 2: Xây dựng mô hình cho vấn đề đang xét, tức là diễn tả lại dưới dạng ngôn ngữ toán học cho mô hình định tính. Mô hình toán học thiết lập mối quan hệ giữa các biến số và các hệ số điều khiển hiện tượng. Trong bước này phải xác định:

+ Hàm mục tiêu;

+ Diễn tả bằng các phương trình hay bất phương trình các điều kiện kinh tế kỹ thuật.

Bước 3: Sử dụng công cụ toán học để khảo sát và giải quyết bài toán hình thành trong bước 2. Tiếp theo, cụ thể hóa cách giải bằng các thuật toán tối ưu. Nếu kích thước lớn, nên giải bằng máy tính với những phần mềm thích hợp.

Bước 4: Phân tích và kiểm định lại kết quả thu được trong bước 3. Ở đây cần phải xác định mức độ phù hợp của mô hình và kết quả tính toán với thực tế. Có hai khả năng có thể xảy ra:

1. Mô hình và kết quả tính toán là phù hợp;

2. Mô hình và kết quả tính toán không phù hợp với thực tế. Nếu kết quả không phù hợp, có thể có các nguyên nhân:

+ Các kết quả tính toán trong bước 3 chưa đủ độ chính xác cần thiết. Khi đó, phải xem lại các thuật toán.

+ Các số liệu ban đầu không phản ánh đúng thực tế giá cả, chi phí, định mức, vật tư... khi đó, cần điều chinh lại một cách chính xác.

+ Mô hình định tính chưa phản ánh được hiện tượng thực tế. Cần rà soát lại bước 1, xem có yếu tố nào, quy luật nào bị bỏ sót không?

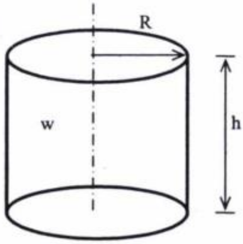
Việc mô hình hóa ở bước 2 chưa thỏa đáng, cần xây dựng lại cho phù hợp, mức độ tăng dần từ tuyến tính đến phi tuyến, từ tĩnh đến động.

1.4. MỘT SỐ BÀI TOÁN VÍ DỤ

1.4.1. Bài toán 1

Một bể chứa nước được làm bằng thép không ri có dạng hình trụ. Đáy bể nước hình tròn có bán kình là R. Chiều cao bể nước là H.

Hãy xác định tương quan kích thước R và H sao cho với dung tích lớn nhất mà diện tích thép không gi làm bể chứa là nhỏ nhất.



Hình 1.1

Bài giải:

Muốn vậy, ta xét hàm Y:

$$Y = 2\pi R.H + 2\pi.R^2$$

Khảo sát Y' ta có: $Y'_{(r)} = 2\pi H + 4\pi R$ (1.7)

Cho $Y' = 0 \rightarrow 2\pi H + 4\pi R = 0$ (1.8)

Suy ra: $2\pi H = -4\pi R$ (1.9)

$H = -2R$ (1.10)

Nghĩa là, với đường kính bể chứa nước bằng chiều cao H, thì diện tích thép Inox cần có để làm bể chứa nước là nhỏ nhất.

Đây là một bài toán được thực tế ứng dụng rất nhiều khi gia công các đài nước hoặc bể chứa nước gia đình đặt trên mái nhà và đã đem lại hiệu quả cụ thể.

1.4.2. Bài toán 2

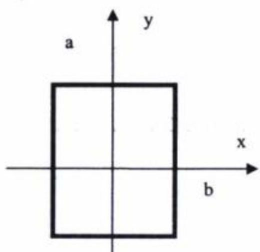
Hãy xác định kích thước của một thanh dầm sao cho Moment quán tính của nó là lớn nhất

Theo hình 1.2, moment quán tính của thanh dầm được xác định theo công thức:

$$J_x = \frac{a.b^3}{12} \qquad (1.11)$$

trong đó: a, b - các cạnh của thanh dầm và đặt a + b = K.

Như vậy: $J_x = \dfrac{(K-b)b^3}{12}$ và $J_x = \dfrac{K.b^3 - b^4}{12}$ (1.12)



Hình 1.2

Để khảo sát moment quán tính của thanh dầm, ta phải nghiên cứu hàm số J_x. Muốn vậy, tìm đạo hàm của J_x:

$$J'_x = \frac{3.K.b^2 - 4.b^3}{12} \quad (1.13)$$

Cho $J'_x = 0$, ta có: $3Kb^2 - 4b^3 = 0$ (1.14)

$$b^2(3K - 4b) = 0 \quad (1.15)$$

Giải phương trình (1.15) ta được:

$$b = 0 \quad (1.16)$$

$$3K - 4b = 0 \quad (1.17)$$

Thay K = a + b vào ta có: $b = \frac{3}{4}(a + b)$ (1.18)

Giải ra ta được nghiệm: $4b = 3a + 3b$

$$b = 3a \quad (1.19)$$

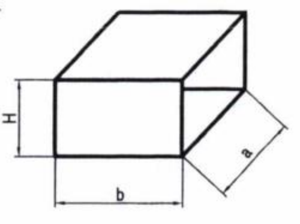
Xét nghiệm b = 0 và b = 3a

Ta thấy b = 0, nghĩa là không có thanh dầm. Vậy, nghiệm thực là b = 3a. Điều đó có nghĩa là với chiều cao của thanh dầm bằng 3 lần chiều rộng của nó thì thanh dầm đó có moment quán tính lớn nhất

Ví dụ: Thanh dầm có chiều cao b = 60cm và chiều rộng là a = 20cm, thì thanh dầm có moment quán tính lớn nhất là: $J_x = \frac{20.60^3}{12} = 360.000cm^4$

1.4.3. Bài toán 3

Xác định kích thước của bể chứa nước sạch để tiết kiệm chi phí nhất. Với một bể chứa có dung tích cho trước V = a.b.H, chiều cao H của bể coi như không đổi thường lấy H = 4÷5 m. Bằng cách tính diện tích toàn phần F của bể, lấy đạo hàm cấp 1 của F, cho đạo hàm triệt tiêu tìm ra kích thước a, b tối ưu.



Hình 1.3

Diện tích toàn phần của bể chứa:

$$F = 2ab + 2(a + b).H \quad (1.20)$$

Đặt: $a + b = K$ (1.21)

Hàm mục tiêu F có thể viết:

$$F = 2ab + 2aH + 2bH \quad (1.22)$$

$$F = 2(K-b)b + 2(K-b)H + 2bH$$

$$F = 2Kb - 2b.b + 2KH - 2bH + 2bH$$

Vì H là một hằng số, nên đạo hàm bậc nhất

$$F' = 2K - 4b \quad (1.23)$$

$$= 2(a + b) - 4b = 2a + 2b - 4b = 2a - 2b$$

Cho đạo hàm $F' = 0 \rightarrow a = b$.

Vậy các bể chứa có đáy hình vuông sẽ tiết kiệm chi phí xây dựng nhất.